

## CARACTERIZAÇÃO DE DRENAGEM URBANA NO BAIRRO JAPIIM II, IGARAPÉ DO QUARENTA EM MANAUS-AM

Juliane Da Silva Aracati Batista, Estudante de Engenharia Civil, Centro Universitário do Norte – UNINORTE, Manaus/AM.

Maria do Perpétuo Socorro Lamego Vasconcelos, Orientadora no Centro Universitário do Norte - UNINORTE, Manaus/AM

### RESUMO

O conjunto 31 de março no bairro Japiim II assim como alguns bairros de Manaus possui problemas de drenagem urbana interferindo na qualidade de vida da população do bairro. Os dispositivos do sistema, tais como boca de lobo, bueiros, redes de tubulação e a pavimentação sofrem com a falta de manutenção. Em momentos de precipitações com recorrências de 10 anos, algumas áreas do bairro sofrem com problemas de alagamento, fazendo com que a água das chuvas e esgoto adentrem nas casas deixando a população em risco de perda de seus móveis, além da exposição às doenças infectocontagiosas. A vazão da rede de algumas ruas desemboca no Igarapé do 40, que possui uma extensão de 8.880 km, sendo que seu trecho no bairro é de 959 metros. O igarapé se encontra em uma situação precária neste trecho, com o volume das cheias causando erosão, decidas d'água danificadas, mal cheiro e a proliferação de vetores tipo ratos, escorpião e outros. Por ser um curso d'água deveria ser uma área de proteção permanente (APP), com uma proteção de até 30 metros a partir da margem, porém muitas famílias ocupam esta área. Muitos dos problemas também são consequências das atitudes da população quedescartam resíduos sólidos próximo aos dispositivos e no próprio igarapé, isto aliado à falta de manutenção agrava os problemas sociais e ambientais. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é analisar a situação atual do sistema de drenagem urbana no bairro Japiim II e propor soluções de engenharia para minimizar os problemas sociais e ambientais. Com isto, será realizado levantamento bibliográfico sobre o tema, serão realizados levantamentos in loco, com registro fotográfico e check list dos itens a serem observados, além de

entrevistas informais com moradores locais. Portanto, espera-se que a metodologia desenvolvida possa ser replicada em outros bairros da cidade de Manaus e que as soluções sejam executadas de modo a melhorar a qualidade de vida da população local.

Palavras-chave: Drenagem Urbana. Área de Proteção Permanente. Manaus.

## ABSTRACT

The March 31 without Japiim II neighborhood, as well as some districts of Manaus, has urban drainage problems interfering with the quality of life of the neighborhood population. System devices such as wolf's mouth, sewers, piping networks and a paving plant suffer from lack of maintenance. In times of precipitation with recurrences of 10 years, some areas of the neighborhood suffer from flooding problems, causing rainwater and sewage to enter the homes leaving a population at risk of losing their furniture, in addition to exposure to contagious infectious diseases . A network of some streets flows into the Igarapé do 40, which has an extension of 8,880 km, and its stretch in the neighborhood is 959 meters. The igarapé is in a precarious situation in the stretch, with the volume of floods causing erosion, water damage, bad smell and a proliferation of vectors such as rats, scorpions and others. There is a permanent protection area (APP), with protection up to 30 meters from the shore, but many families occupy this area. Many of their problems are also consequences of the attitudes of the population that discard solid waste, which are outdoors and are in the market. Thus, the objective of this work is to analyze the current situation of the urban drainage system in the Japiim II neighborhood and engineering solutions to minimize social and environmental problems. The objective of this study is to obtain information about the subject, as well as the conduct of in situ surveys, with photographic record and checklist of the items to be observed, as well as informative interviews with local residents. Please, expect a methodology developed to be used in other markets of Manaus city and as solutions and implemented in order to improve the quality of life of the local population.

**Keywords:** Urban Drainage. Permanent Protection Area. Manaus.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil a maioria das cidades sofre com problemas de alagamentos e inundações urbanas, decorrentes de uma série de fatores, podendo destacar algumas situações, tais como: ocupações desordenadas, falta de planejamento, despejo de resíduos sólidos nas ruas, inexistência de infraestrutura urbana, entre outras. O risco destas inundações aumenta mais quando a população constrói edificações próximas aos igarapés, encostas de terras e em lugares sem infraestrutura urbana.

Manaus, por sua vez, também passa por este transtorno a cada temporada de chuvas. Na região Norte há apenas duas estações, o Verão que é temporada de calor no período do final de abril até novembro, a outra é o Inverno no período de dezembro até final de março com chuvas intensas. Nessa época o nível de água das bacias aumenta e conseqüentemente os igarapés também aumentam seus níveis, causando transtorno e desconforto para as populações que moram em suas proximidades.

O bairro Japiim II, sofre com os problemas de drenagem urbana, com sua rede de drenagem antiga em alguns pontos estando subdimensionada para o volume d'água das chuvas no tempo atual. A manutenção inadequada na rede existente à tubulação, bocas de lobo fora da distância exigida pela norma, guias e sarjetas fora dos padrões e a falta de inspeção e limpeza na rede de drenagem e esgotos, em bueiros sujos e sem tampas, prejudica as áreas de circulações de pessoas e propicia a propagação de resíduos sólidos e animais, a população está sujeita ao surgimento de vetores e doenças infectocontagiosas.

Segundo a norma do [Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte](#) (DNIT) 030/2004 – ES (DNIT, 2004) tem como objetivo estabelecer os procedimentos que devem ser seguidos para construção de dispositivos de drenagem pluvial urbana envolvendo galerias, bocas de lobo e poços de visita, destinados à coleta de águas superficiais e condução subterrânea para locais de descarga mais favorável.

O objetivo geral do trabalho é propor uma série de melhorias no sistema de drenagem urbana no conjunto 31 de Março no bairro Japiim II na cidade de Manaus. Como objetivos específicos, tem-se: levantar dados sobre o sistema de drenagem urbana existente na área de estudo; identificar os principais problemas do sistema e suas causas; propor melhorias para cada tipo de problema identificado no sistema de drenagem urbana da área de estudo.

Um sistema de drenagem urbana, tanto de águas de drenos superficiais ou de drenagem profundas, quando executada corretamente pode proporcionar grandes benefícios, com isso o meio ambiente permanecerá limpo e a população satisfeita, além de evitar a proliferação de insetos causadores de doenças. Dessa forma, espera-se que este trabalho contribua para que órgãos públicos intervenham em áreas com sistema de drenagem precária e que atuem nas áreas marginais aos igarapés da cidade a fim de cumprir a Resolução CONAMA nº 303 que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente (APP), estabelecendo uma faixa de trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura.

## **2. SANEAMENTO BÁSICO**

Por definição Saneamento Básico é um serviço público que compreende os sistemas de abastecimento d'água, de esgotos sanitários, coleta de lixo e o de drenagem de águas pluviais. Estes são os serviços essenciais que, se regularmente bem executados, elevarão o nível de saúde da população beneficiada, gerando maior expectativa de vida e conseqüentemente, maior produtividade.

Os sistemas de drenagem são classificados de acordo com suas dimensões, em sistemas de Micro drenagem, também denominados de sistemas iniciais de drenagem.

A Micro drenagem incluem a coleta e afastamento das águas superficiais ou subterrâneas através de pequenas e médias galerias, fazendo ainda parte do sistema todos os componentes do projeto para que tal ocorra.

A Macrodrenagem inclui, além da Micro drenagem, as galerias de grande porte ( $D > 1,5m$ ) e os corpos receptores tais como canais e rios canalizados.

### **2.1 Abastecimento de água**

Com características similares ao esgotamento sanitário, como o fato de ambos os sistemas utilizarem água para o funcionamento, a velocidade de circulação do fluido e maior da rede de água, o que determina o uso de tubulações de maior diâmetro, porém mais simples para rede de esgoto.

Mascaró (1994) destaca que de uma forma geral, o sistema de abastecimento de água compõe-se, basicamente, das seguintes partes.

Captação

Reservação

Tratamento

Rede de Distribuição, que segundo Mascaró (1987), é a parte mais importante do sistema de abastecimento de água, pois os diferentes traçados incidem diretamente nos seus custos.

### **2.1.2 Esgoto Sanitário**

Inicialmente, ressalta-se que o sistema de esgoto sanitário está estreitamente ligado ao sistema de abastecimento de água, com a diferença de que o esgoto sanitário funciona pela força da gravidade e o abastecimento de água trabalha sobre pressão.

O sistema de esgoto sanitário constitui-se, basicamente, de rede de tubulações destinadas a transportar os efluentes, e alguns elementos necessários para sua funcionalidade, como: poços de visita e estações de tratamento (MASCARÓ, 1994).

Uma rede coletora de esgotos é composta de aparelhos sanitários e sua canalização transportam os dejetos até o ponto final. Usa-se canalização de diâmetro acima de 300 mm, geralmente de concreto. Seguem para uma canalização final, chamada emissária, cuja sua finalidade é conduzir os efluentes da rede para o ponto de lançamento (igarapés, rio, mar, etc.).

### **2.1.3 Coleta de Lixo**

Em áreas urbanas, a coleta de lixo representa um dos principais sistemas da infraestrutura, pois, os lixos não coletados, com a coleta regular a educação da população são pontos primordiais para a população contribuir com sistema de drenagem urbana.

Vale salientar a importância da população a importância do descarte dos resíduos sólidos, para que evite poluição e a degradação do ambiente.

### **2.1.4 Drenagem Urbana**

Pode-se definir drenagem como a ciência que tem como objetivo remover o excesso das águas superficiais e profundas, a fim de proteger e melhorar tudo sobre que possam elas influir (JABOR, 2012).

Para Jabor (2012), drenagem tem como função promover o adequado escoamento dos volumes provenientes das precipitações que caem nas áreas urbanas, assegurando o trânsito público e a proteção das edificações, bem como evitando os efeitos danosos de alagamentos e inundações.

O sistema de drenagem urbana consiste, basicamente, no escoamento das águas pluviais, cujo seu funcionamento refere-se nas ruas pavimentadas e nas áreas de tubulações com seus sistemas de captação. Águas pluviais, oriundas de precipitações que segue de forma natural e livre para o destino final, que na maioria das vezes, está representada pelos cursos d'água, como rios, igarapé, mar e entre outros.

Para que o sistema tenha uma funcionalidade real, as ruas devem possuir uma capacidade de vazão que permita a condução das águas, tendo como elementos principais: o meio-fio, elementos utilizados entre o passeio e o leito carroçável, dispostos paralelamente ao eixo da rua; as sarjetas, faixas do leito das vias, situadas junto ao meio-fio, cuja a finalidade é receber e dirigir as águas pluviais para o sistema de captação; e bocas de lobo, que são caixas de captação das águas, colocadas ao longo das sarjetas com a finalidade de captar as águas pluviais em escoamento superficial e conduzi-las ao interior das galerias, canalizações destinadas a encaminhar as águas ao destino final (MASCARÓ, 1994)

Manaus, como em algumas cidades do Brasil tem problemas de alagamentos, inundações das cheias isso tem provocado impactos significativos na população e no meio ambiente. Estes impactos tem deteriorado a qualidade de vida da população, através do aumento e da frequência de do nível das inundações. São decorrentes de uma série de fatores, podem-se destacar ocupação desordenada das áreas de escoamento natural das águas pluviais e a falta de manutenção e de planejamento do sistema drenagem urbana e o despejo inadequado de resíduos sólidos no meio ambiente.

A população por sua vez contribui com 70% das enchentes atualmente, com descartes de materiais e objetos em locais onde à vazão das águas obstruindo a passagem da mesma. Com planejamento urbano, embora envolva fundamentos interdisciplinares, as grandes cidades do País não têm considerado aspectos de drenagem urbana e qualidade da água, trazendo grandes transtornos para sociedade e meio ambiente.

A Figura 3 mostra o descaso da população e autoridades, em 2012 com a elevação do nível do rio Negro, chegando uma altura de 29,62 metros. Os bairros da cidade, principalmente o bairro Japiim, sofrem com a situação de alagamentos e o grande conteúdo de lixo.

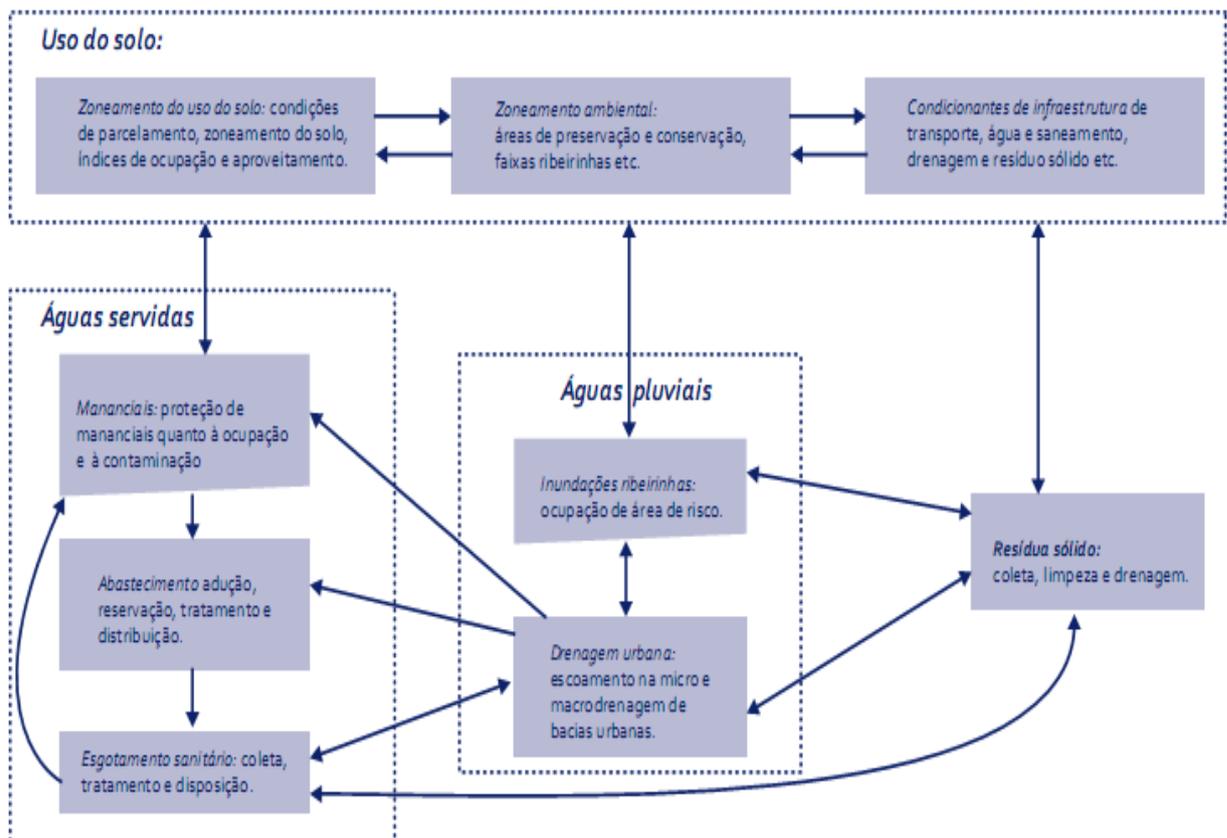
Foto: G1 Amazonas (2015).

Para Philippi Jr. (2005), considera que o sistema de drenagem básico de uma cidade deve se estruturar respeitando todos os aspectos legais, técnicos, além das dimensões econômicas, sociais, ambientais e institucionais e uma composição física mínima com

pavimentação de ruas, sarjetas e meios-fios, bocas de lobos, galerias de drenagem e valas, vale ressaltar que todos esses elementos devem estar interligados e funcionando adequadamente, ou o risco de ocorrer falha no sistema de drenagem é grande. Além desses instrumentos a características das bacias hidrográficas possuem papel primordial no processo de drenagem.

Segundo Collischonn&Tucci (1998), o sistema de drenagem deve ser entendido como o conjunto da infraestrutura existente em uma cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais. E constituído por uma série de medidas que visam minimizar os riscos a que estão expostas as populações, diminuindo os prejuízos causados pelos alagamentos, inundações e pode ser dividido em: micro drenagem e macrodrenagem, como mostra a Figura 4.

**Figura 1– Relações entre os sistemas de aguas urbanas**



Fonte: Tucci (2005).

## Planejamento

A principal vantagem de um planejamento de drenagem urbana são os menores custos e melhores resultados.

A elaboração do planejamento é um assunto com tamanha complexidade, sendo adotados critérios básicos de planejamentos, tanto para o sistema drenagem inicial, ou para sistema de macrodrenagem. E ainda, evitar que as programações da obra não seja afetada devido às interferências dos planos regionais.

Alguns critérios básicos devem ser adotados, como as áreas inundáveis, por processo hidrológico, hidráulico natural e relevo da área fatos esses que deverão ser decididos antes da ocupação da área.

A importância da coleta desses dados para um planejamento de drenagem urbana é muito importante, para que, os resultados sejam obtidos trazendo melhorias e satisfação à população. Um planejamento de controle de drenagem urbana de uma bacia é recomendado as seguintes etapas de desenvolvimento (Figuras 5 e 6 mostram a caracterização da etapa de simulação).

Caracterização da bacia;

Definição dos cenários de planejamento;

Escolha do risco da precipitação de projetos;

Determinação da precipitação de projeto;

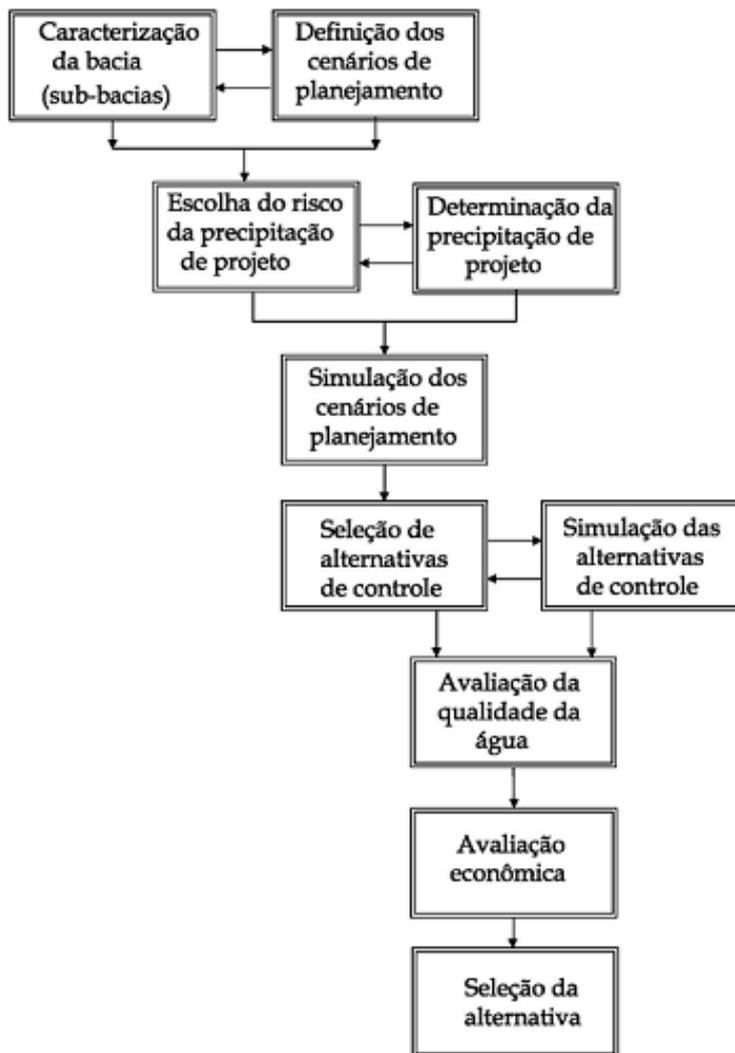
Simulação dos cenários de planejamento com modelo hidrológico;

Avaliação qualidade da água;

Avaliação econômica;

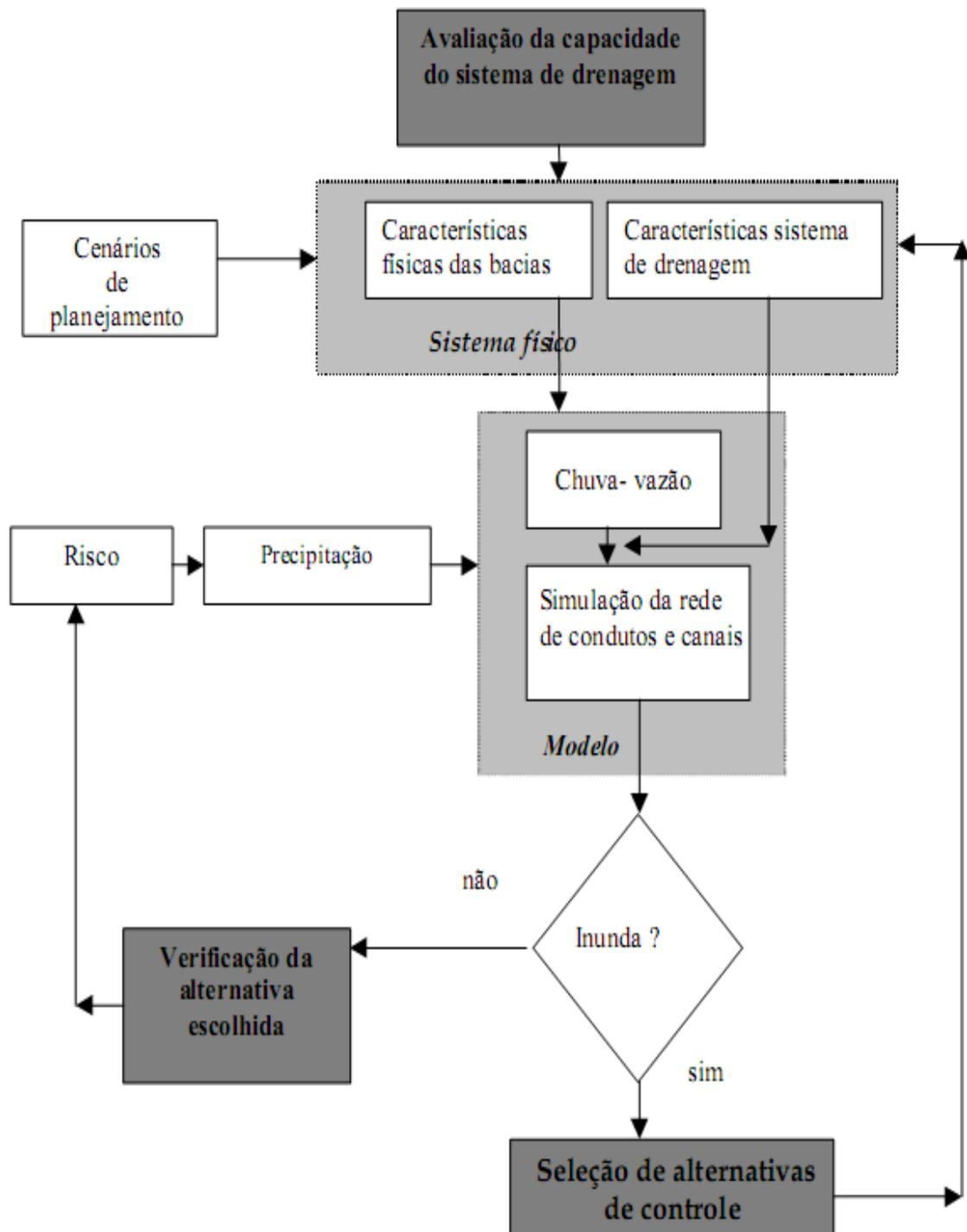
Seleção Alternativa

Figura 2– Etapas de Planejamento



Fonte: PMPA (2005)

Figura 3– Caracterização das etapas de simulação



Fonte: PMPA (2005)

### **3. LEGISLAÇÕES FEDERAL E ESTADUAL**

Segundo Tucci (2012), as legislações que envolvem a drenagem urbana e a inundações ribeirinha estão relacionadas com: recursos hídricos, uso do solo e licenciamento ambiental.

Quanto a Recursos Hídricos a constituição Federal define o domínio dos rios e a legislação de recursos hídricos a nível federal estabelece os princípios básicos da gestão através de bacias hidrográficas. As bacias no qual se situa pode ser de domínio estadual ou federal. Algumas legislações estaduais de recursos hídricos estabelecem critérios para a outorga do uso da água, mas não legisla sobre a outorga relativa ao despejo de efluentes de drenagem. Para entender as normas seriam exigidos dos municípios um Plano integrado de Esgotamento sanitário, resíduo solo e drenagem. Este tipo de regulamentação busca criar as condições de controle dos impactos que extrapolam a cidade.

Quanto a uso do Solo a constituição Federal artigo 30 e definido que o uso do solo e municipal. Estados e a União podem estabelecer normas para o disciplinamento do uso do solo visando o meio ambiente, controle a poluição, saúde pública e da segurança. A drenagem urbana que envolve o meio ambiente e o controle da poluição a matéria e de competência concorrente entre Município, Estado e Federação, a tendência dos municípios e introduzirem diretrizes de macrozoneamento urbano nos Planos Diretores urbanos, incentivados pelos Estados.

Quanto ao Licenciamento Ambiental este estabelece os limites para construção e operação de canais de drenagem, regulado pela Lei 6938/81 e resolução CONAMA n. 237/97. Da mesma forma, a resolução CONAMA 1/86 art. 2º, VII estabelece a necessidade de licença ambiental para “obras hidráulicas para drenagem”.

#### **Legislação Municipal**

Para Tucci (2002), cada município existe uma legislação específica definida pelo Plano Diretor Urbano que geralmente introduz o uso do solo e as legislações ambientais, mas dificilmente aborda a drenagem urbana.

Belo Horizonte foi pioneira neste processo e seu Plano de Desenvolvimento Urbano de 1996 previu que toda a área prevista como permeável poderia ser impermeabilizada, desde que compensada por uma detenção de 30 l/m<sup>2</sup> de área impermeabilizada (PMBH, 1996 *apud* TUCCI, 2002).

Em Porto Alegre, o Plano Diretor incluiu o desenvolvimento urbano, uso do solo e Ambiental e foi denominado de Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (PMPA, 1999) e se tornou Lei no início de 2000. O Plano especifica as áreas críticas e remete a regulamentação a todos os projetos novos empreendimentos (loteamentos) que são obrigados atualmente a manter as vazões pré-existentes (TUCCI, 2002).

Guarulhos 2000, no código de obras foi introduzido um artigo que estabelece a obrigatoriedade de retenção para controle de inundações para áreas superiores a 1 ha (TUCCI, 2002).

### **Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU)**

Para a CETESB (1986), um plano de drenagem urbana, é de grande valia para a administração pública, para os empresários e para a comunidade em geral. Ele possibilita a todos o conhecimento das obras que serão executadas, dos respectivos prazos, e, portanto do potencial de uso do solo urbano, em várias regiões. Dessa forma o plano deve ser desenvolvido com pormenores, à nível de projeto de engenharia, possibilitando o seu pleno conhecimento pelos administradores locais e regionais. São fixados os critérios básicos de projeto, localizados os canais e as estruturas hidráulicas, estudadas as interferências com outros melhoramentos públicos, estudados os usos de canais e reservatórios para outras finalidades, entre outros.

#### **2.2.1 LEGISLAÇÃO FEDERAL RELACIONADA**

Segundo a Concremat (2011), a Lei 9.433 (BRASIL, 1997), veio regulamentar o inciso XIX do art.21 da Constituição Federal, instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos e criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Além de estabelecer um novo modelo de gestão para os recursos hídricos, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, que traz como um de seus fundamentos o reconhecimento da água como um recurso natural limitado dotada de valor econômico (art. 1º, II) e de domínio público (art. 1º, I).

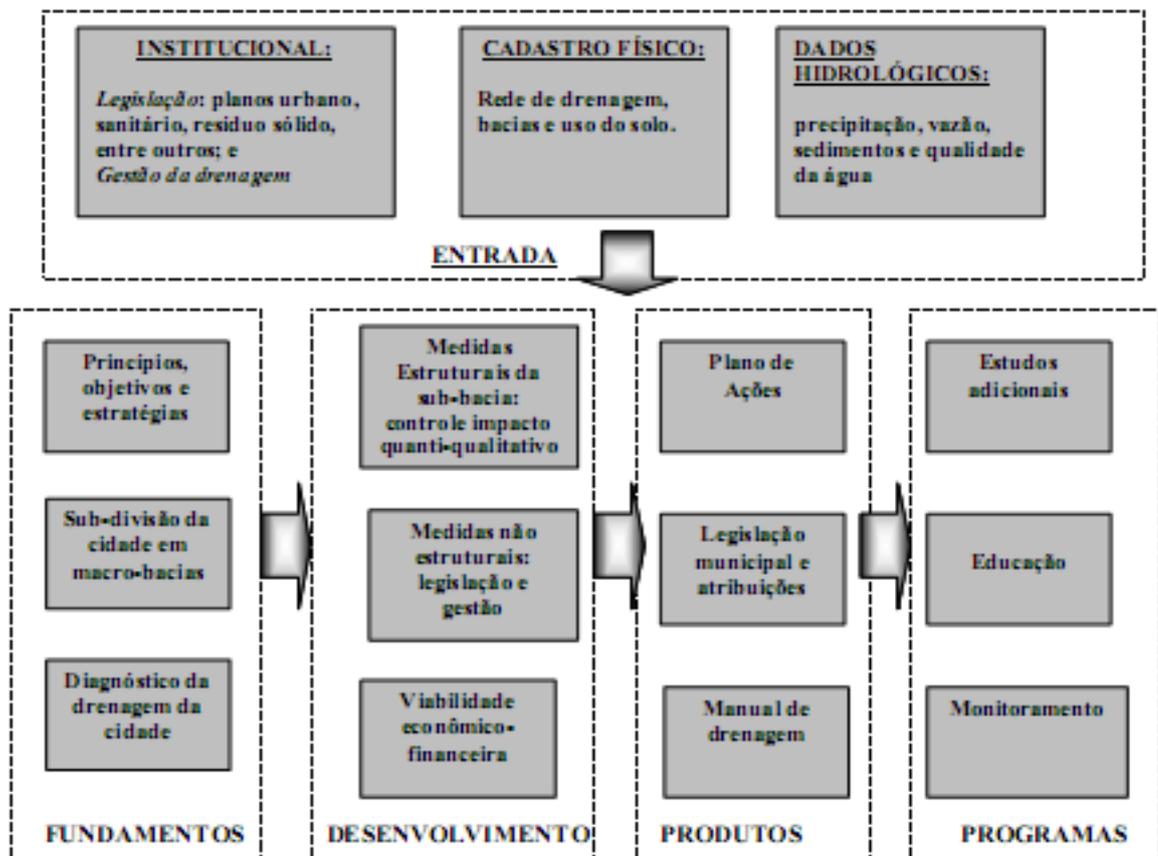
Segundo Philippi Jr. (2005) relatam que a drenagem urbana tem sido fundamentalmente gerida pelo poder público municipal, e quando há vínculos hidráulicos entre municípios, é o poder estadual ou até mesmo federal que trata, tanto na gestão como no projeto e execução de obras intermunicipais de manejo de águas pluviais, uma sobrecarga

para a administração pública levando em consideração que um sistema de drenagem deve ser projetado, executado e operado em consonância com os demais serviços públicos de uma cidade. Isso poderia ser minimizado com maior participação da iniciativa privada na gestão dos serviços de saneamento básico.

Segundo Tucci (1997), o Plano Diretor de Drenagem Urbana tem como meta buscar, planejar a distribuição da água no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana compatibilizando esse desenvolvimento e a infraestrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais. Controlar a ocupação de áreas de risco de inundação através de restrições nas áreas de alto risco. Convivência com as enchentes nas áreas de baixo risco.

De acordo com Tucci (1997), o Plano de Drenagem Urbana, na sua regulamentação, deve contemplar o planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente loteadas. Depois que a bacia, ou parte dela, estiver ocupada, dificilmente o poder público terá condições de responsabilizar aqueles que estiverem ampliando a cheia, portando, se a ação pública não for realizada preventivamente através do gerenciamento, as consequências econômicas e sociais futuras serão muito maiores para todo o município. A Figura 8 mostra uma estrutura do plano diretor de uma drenagem urbana.

#### **Figura 4– Estruturas do Plano Diretor de Drenagem Urbano**



Fonte: TUCCI (2002)

## 2.1 SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

O sistema de drenagem faz parte do conjunto de melhoramento público existente em área urbana, quais sejam: redes de água, de esgotos sanitários, de cabos elétricos e telefonia além da iluminação pública, pavimentação de ruas, guias e passeios, parque, áreas de recreação e lazer, e outros.

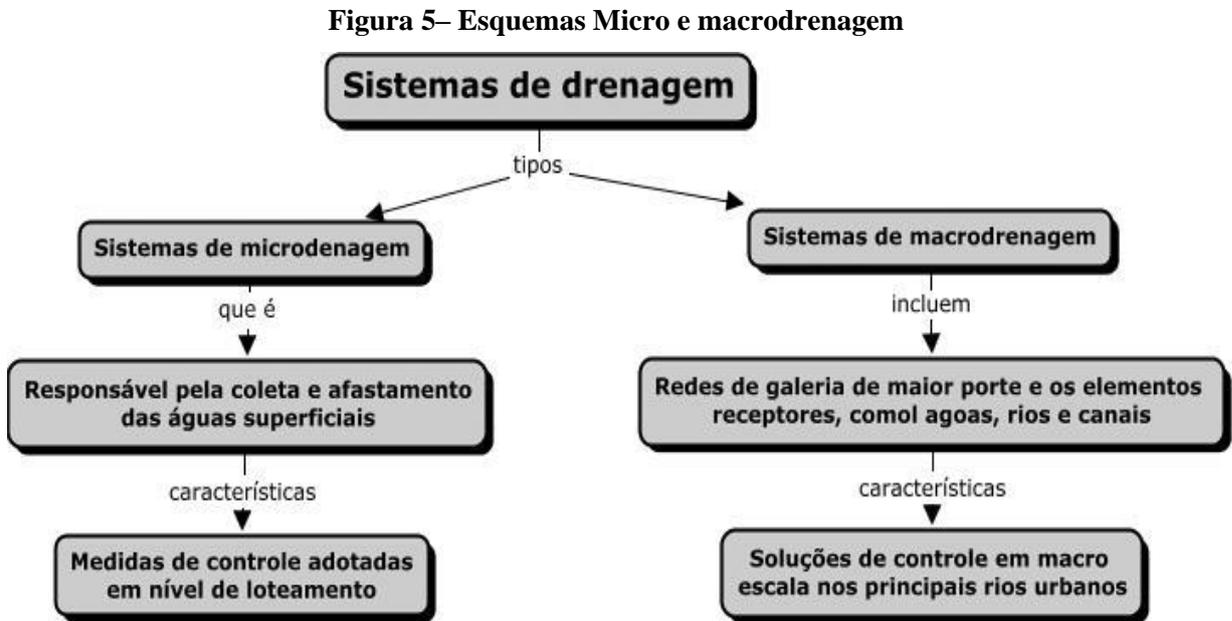
Deve ser dimensionado para as precipitações e escoamento pluviais e de águas superficiais preservando sem prejuízo ou danos matérias a população.

As estruturas hidráulicas, dimensionadas através de projetos, onde as edificações contribuem primeiramente com os coletores e na sequência escoamento superficial na rede de drenagem urbana pública.

Esse dimensionamento deve ser fixado em critérios básicos juntamente com os tipos de rua.

O sistema de drenagem deve ser considerado como dois sistemas: Sistema Inicial ou (Micro drenagem), e Sistema de (Macro drenagem), que deverão ser projetados subcritério

diferenciados, (CETESB, 1986). Na Figura 9 podemos observar os sistemas de micro e macrodrenagem.



Fonte: GPACC (2011).

### 2.3.1 SISTEMA INICIAL OU MICRODRENAGEM

É um sistema de condutos construídos destinados a receber e conduzir as águas das chuvas vindas das construções, lotes, ruas, praças, faz-se necessária para condições razoáveis de circulação de veículos e pedestres.

Sistema esse, constituído pelo sistema de condutos pluviais relacionados aos espaços dos loteamentos ou rede primária, onde compreendendo boa parte de partes subterrânea. Sistema dimensionado para escoamento de águas pluviais com período de retorno de 2 a 10 anos.

As ruas servem como um importante elemento do sistema de drenagem inicial, através do escoamento das águas pela sarjeta até a sua admissão no sistema de galerias pelas bocas de lobo (SÃO PAULO, 2012).

Dimensionamento de uma rede de águas pluviais é baseada nas seguintes etapas.

- Subdivisão da área e traçado;
- Determinação das vazões que afluem à rede de condutos;
- Dimensionamento da rede de condutos.

Segundo Diogo (2008), sistema dimensionado para escoamento de águas pluviais é constituído pelo sistema de condutos relacionado abaixo;

- **Pista de rolamento**, parte da via normalmente utilizada para a circulação de veículos, identificada por elementos separadores ou por diferença de nível em relação às calçadas, ilhas ou aos canteiros centrais.

- **Meios- Fios ou Guias (MFC)**, elementos utilizados entre o passeio e calçada, dispostos paralelamente ao eixo da rua, construídos geralmente de pedra ou concreto pré-moldado e que formam um conjunto com as sarjetas. É recomendável que possuam uma altura aproximada de 15 cm em relação ao nível superior da sarjeta. Uma altura maior dificultaria a abertura das portas dos automóveis, e uma altura menor diminuiria a capacidade de conduzir as águas nas vias.

- **Coletores**, existem duas hipóteses para a locação da rede coletora de águas pluviais: (1) sob a guia ou meio-fio, a mais utilizada, (2) sob o eixo da via pública. O recobrimento mínimo deve ser de um metro sobre a geratriz superior do tubo. Além disso, deve possibilitar a ligação das canalizações de escoamento (recobrimento mínimo de 0,60 m) das bocas de lobo.

- **Sarjetas (STC)**, faixas de via pública paralelas e vizinhas ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas.

- **Sarjetões**, calhas localizadas no cruzamento de vias públicas formadas pela sua própria pavimentação e destinadas a orientar o escoamento das águas sobre as sarjetas.

- **Bocas-de-Lobo Simples (BLS)**, dispositivos localizados em pontos convenientes, nas sarjetas, para captação das águas pluviais.

- **Tubo de Ligação**, tubulações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas de lobo para as galerias ou poços de visitas.

- **Poços de Visitas**, dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem mudanças de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro e inspeção e limpeza das canalizações.

- **Trecho**, porção da galeria situada entre dois poços de visita.

- **Galerias**, canalizações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas de lobo e das ligações privadas.

- **Condutores forçados**, obras destinadas a condução das águas superficiais coletadas de maneira segura e eficiente, sem preencher completamente a seção transversal do conduto.

- **Estação de bombeamento**, conjunto de obras e equipamentos destinados a retirar água de um canal de drenagem quando não mais houver condições de escoamento por gravidade, para outro canal em nível mais elevado ou receptor final da drenagem em estudo.

Para Diogo (2008), a elaboração de um projeto de rede pluvial de microdrenagem é necessário plantas de situação e localização dentro do Estado, planta de contribuição das Bacias, no caso de não existir planta plani-altimétrica da bacia, deve ser considerado o delimitado o divisor topográfico por poligonal nivelada, planta plani-altimétrica da área de projeto, com pontos cotados notáveis nas esquinas.

Um levantamento topográfico, nivelamento geométrico em todas as esquinas, mudanças de direção e mudanças de greides nas vias públicas. Obter um cadastro de redes de esgotos pluviais ou de outros serviços que possam interferir na área de projeto.

Além do mais também deve ser levado em consideração os elementos relativos a urbanização da bacia contribuinte, nas situações atual e previstas no plano diretor (tipo de ocupação das áreas, porcentagem de ocupação dos lotes, ocupação e recobrimento do solo nas áreas não urbanizadas pertencentes a bacia).

São necessários dados relativos ao curso de água receptor contendo informações do nível de água máxima do rio que irá receber o lançamento final.

### *2.3.1.1 Dimensionamento dos Dispositivos de Drenagem de Água Pluviais*

#### *2.3.1.1.1 Ruas e Sarjetas*

A capacidade de descarga das sarjetas depende de sua declividade, rugosidade e forma. Se não houver vazão excessiva, o abaulamento das vias públicas faz com que as águas provenientes da precipitação escoem pelas sarjetas. O excesso de vazão ocasiona inundações das calçadas, e as velocidades altas podem até erodir o pavimento. Pode-se calcular a capacidade das ruas e sarjetas sob duas hipóteses;

- Água escoando por toda a calha da rua, com a declividade da via pública de 3% e que a altura da água na sarjeta seja de 15 cm.
- Água escoando somente pelas sarjetas, com declividade de 3%, e que a altura da água na sarjeta seja de 10 cm.

Usando nos dois casos a formula de Chézy com coeficiente de Manning.

$$V = \frac{\sqrt{S}}{n} R_h^{2/3}$$

Onde:

V: é a velocidade na sarjeta em m/s;

S: é a declividade longitudinal da rua em m/m;

$R_h$ : é o raio hidráulico;

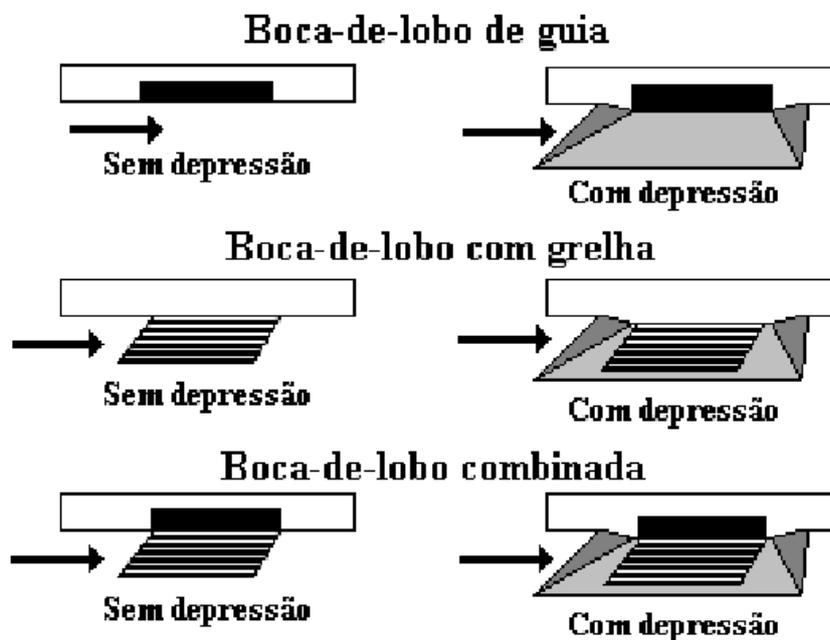
n: é o coeficiente de rugosidade de Manning, adotado como 0,0167 para pavimentos comuns de via pública.

Deve-se levar em conta que as tensões de cisalhamento junto as paredes da sarjeta e irregular, devido à profundidade transversalmente variável, o que ocasiona um escoamento não uniforme, mesmo quando em regime permanente. Se a água da sarjeta se acumula em torno da boca de lobo, serão mais determinantes na altura do escoamento que a sarjeta.

#### 2.3.1.1.2 Boca de Lobo

Na Figura 10, podemos observa os três principais tipos de Boca coletores, mais usados nas vias públicas.

**Figura 6– Tipos de Boca de Lobo**



Fonte: PMPA (2005).

CETESB (1980), a água, ao se acumular sobre a boca de lobo com entrada pela guia, gera uma lâmina d'água mais fina que a altura da abertura no meio-fio, fazendo com que a

abertura se comporte como um vertedouro de seção retangular, cuja capacidade de engolimento é;

$$Q = 1,7 Ly^{3/2}$$

Onde:

Q: é a vazão em m<sup>3</sup>/s

y: é a altura da lamina d'água próxima à abertura da guia

L: é o comprimento da soleira em metros.

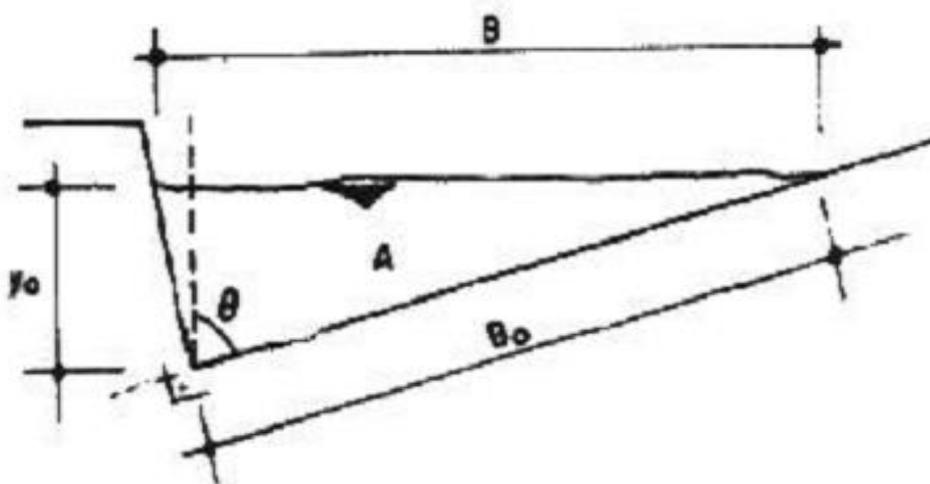
Para se determinar a eficiência de uma boca de lobo, com a abertura na guia da sarjeta faz-se necessária à medição da vazão captada pela boca de lobo. A vazão Q captada depende principalmente do comprimento L da boca de lobo e a profundidade máxima y, associada ao escoamento a montante da boca de lobo, onde a vazão é  $Q_0$ . A vazão  $Q_0$  e a profundidade são relacionadas através de uma lei de resistência, quando o escoamento é suposto permanente e uniforme.

Na Figura 11, mostra a seção transversal, o escoamento livre na sarjeta é bem mais complexo que o escoamento em conduto forçado, mas ambos são influenciados pela rugosidade relativa e pelo número de Reynolds. O escoamento turbulento de transição é, sem dúvida, o tipo mais frequente de escoamento em sarjeta.

Formula de Reynolds;

$$R = \frac{VD_H}{\nu} = \frac{4VDR_H}{\nu}$$

**Figura 7– Seção transversal da sarjeta**



Fonte: PMPA (2005).

Se a altura da água superar o dobro da abertura no meio-fio, a vazão é calculada pela seguinte expressão:

$$Q = 3,101Lh^{3/2} \sqrt{\frac{2y - h}{2h}}$$

Onde:

H: é a altura do meio-fio em metros

A opção por uma ou outra formula para  $h < y < 2h$ , fica critério do projetista.

Para lâminas d'água de profundidade inferior a 12 cm, as bocas de lobo com grelha funcionam como um vertedouro de soleira livre, cuja equação é:

$$Q = 1,7 P y^{3/2}$$

Onde:

P: é o perímetro do orifício.

Se um dos lados da grelha for adjacente ao meio-fio, o comprimento deste lado não deve ser computado no cálculo do valor P.

Se a profundidade da lâmina for maior que 42 cm, a vazão deve ser calculada por:

$$Q = 2,91A\sqrt{y} \quad (13)$$

onde A é a área livre da grade em m<sup>2</sup>, ou seja: as áreas das grades devem ser excluídas. Como no caso anterior, o projetista deve se encarregar do critério a ser adotado para  $12 \text{ cm} < y < 42 \text{ cm}$ .

### 2.3.2 SISTEMA (MACRODRENAGEM)

É um conjunto de ações estruturais e não estruturais destinadas a controlar cheias para evitar inundações e suas consequências, são constituídas em geral por canais de maiores dimensões, obras de extremidades para dissipação de energia hidráulica em uma região suscetível a erosão acelerada, reservatório de detenção, para amortecimento de cheias e inundações, sistema dimensionado para cheias com período de retorno de 100 anos. Sistema esse quando corretamente projetado poderá diminuir o custo no sistema de (micro drenagem) reduzindo a extensão das tubulações enterrada. Corresponde à rede de drenagem natural, pré-existente à urbanização, constituída por rios e córregos, localizados nos talwegues dos vales, e que pode receber obras que a modificam e complementam, tais como canalizações, barragens,

diques e outras. (SÃO PAULO, 2012). A Figura 12 mostra o igarapé do quarenta na Avenida Manaus 2000 em Manaus-Am.

### 2.3.3 DIRETRIZ DE PROJETO

Nos projetos de canalização de cursos d'água urbanos, a alocação dos espaços para o canal propriamente, assim como para pistas marginais de tráfegos e alinhamento de edificações, e essencial ter em conta os seguintes fatores básicos. (Diretriz Básica, 1999).

- Projetos que sejam elaborados para cheias com período de recorrência mediam de 100 anos.
- Projetos desenvolvidos para um cenário de ocupação a montante, analisando a possibilidade de condições de futuras de ocupação ultrapassando significativamente as suposições efetuadas por ocasião do projeto que possa resulta em vazões muito mais elevadas do que as inicialmente estabelecidas.
- Analisar a frequente situação de cursos d'água com intensa ocupação marginal, evitar com passar do tempo torna-se insuficiente para a veiculação das vazões de picos de cheias atuais.
- A ausência de planos diretores, como normalmente costuma ocorre, aumente o nível de incertezas nas avaliações hidrológicas que subsidiam os projetos de drenagem urbana.

Em casos em que as medidas acima não sejam em virtude da ocupação existente, e conveniente caracterizar as áreas inundáveis como áreas de riscos que poderão no futuro serem reurbanizadas ou, eventualmente beneficiadas com obras de retenção na bacia, a montante que venham reduzir a incidência de inundações.(Diretriz Básica, 1999).

### 2.3.4 CHUVAS

Segundo Tucci et al (1995), precipitações máximas ou chuvas intensas são definidas como aquelas chuvas cujas intensidades ultrapassam um determinado valor mínimo. A determinação dessas intensidades e de fundamental importância em drenagem urbana, pois, em muitas metodologias, as vazões de projeto são obtidas indiretamente por modelos de transformação chuva-vazão.

Para Tucci et al, (1995), nos modelos de previsão de vazões, utilizados para controle ou a detecção de inundação de várzea, também o conhecimento da chuva intensa será fundamental para o sucesso da operação.

Os estudos de drenagem urbana envolvem, geralmente, cursos d'água de pequeno porte desprovidos de registro fluviométricos, nos quais a estimativa das cheias é feita com base nos dados de chuvas de curta duração e alta intensidade, que ocorrem nas respectivas bacias (CETESB, 1986, cap. II).

O trabalho mais significativo para diferentes regiões brasileira, na determinação das relações intensidade-duração-frequência, foi apresentado por Pfafstetter (1982), para 98 postos pluviográficos espalhados pelo Brasil.

Essas relações seguem geralmente a seguinte forma:

$$P = R [a \cdot t + b \cdot \log(1 + ct)]$$

Onde:

P: precipitação total máxima;

R: é um fator associado a um fator de retorno;

[at + b log(1+ct)]: é a precipitação máxima associada a um período de retorno de um ano (serie parcial);

a, b e c: são parâmetros do local.

O fator R pode ser calculado por.

$$P = T^{(\alpha + \frac{\beta}{T^\gamma})}$$

Onde:

$\alpha$ : é um parâmetro que depende da duração;

$\beta$ : é um parâmetro que depende da duração do local;

$\gamma$ : é um parâmetro adotado como 0,25 para todos os postos;

T: é o período de retorno (semi-parcial).

Esses dados são bastante escassos na maior parte do País, mesmo nas regiões onde os volumes nos postos pluviográficos e satisfatórios. Em 1957, o DNOS, publicou um estudo de chuvas de grande alcance, denominado "Chuvas Intensas no Brasil" abrangendo 98 postos pluviográficos, Manaus está localizada no posto 44.

As precipitações máximas em cada posto, em função da sua duração e período de retorno são definidas da seguinte formula empírica.

$$P = T^{(\alpha + \frac{\beta}{T^\gamma})} [a \cdot t + b \cdot \log(1 + ct)]$$

Onde:

P: altura da precipitação, correspondente à duração  $t$  e período de retorno  $T$ , em mm;

T: tempo de recorrência em anos;

$t$ : duração da precipitação em horas;

$\alpha$ : coeficiente que depende da duração da precipitação;

$\beta$ : coeficiente que varia com o posto considerado e a duração da precipitação;

$\gamma$ : coeficiente que assume o valor 0,25 para todo o Brasil;

a,b,c: coeficientes constantes para cada posto pluviográfico.

Os valores de  $\alpha$ , em função da duração da precipitação, são apresentados na Tabela 1. Na Tabela 2, para alguns postos espalhados pelo Brasil, apresentam-se os valores dos coeficientes  $\beta$ , a b c, conforme Pfafstetter adotou  $\gamma=0,25$  para todos os postos.

**Tabela 1 – Valores de  $\alpha$  Pfafstetter,1982**

Duração	$\alpha$	Duração	A	Duração	A
5 min.	0,108	15 min.	0,122	30 min.	0,138
1 h.	0,156	2 h.	0,166	4 h.	0,174
8 h.	0,176	14 h.	0,174	24 h.	0,170
48 h.	0,166	3 dias	0,160	4 dias	0,156
6 dias	0,152				

Fonte: Tucci et al(1995)

**Tabela 2 – Valores dos coeficientes  $\beta$ , a b c de Pfafstetter p/ algumas cidades**

Postos	B						
	5 min	15 min	30 min	1h – 6 dias	a	b	C
Belém – PA	-0,04	0,00	0,00	0,04	0,4	31	20
B. Horizonte - MG	0,12	0,12	0,12	0,04	0,6	26	20
Cuiabá – MT	0,08	0,08	0,08	0,04	0,1	30	20
Curitiba – PR	0,16	0,16	0,16	0,08	0,2	25	20
Florianópolis - SC	-0,04	0,12	0,20	0,20	0,3	33	10
Fortaleza – CE	0,04	0,04	0,08	0,08	0,2	36	20
Goiana – GO	0,08	0,08	0,08	0,12	0,2	30	20
Rio de Janeiro – RJ	-0,04	0,12	0,12	0,20	0,0	35	10
Manaus - AM	0,04	0,00	0,00	0,04	0,1	33	20
Porto Alegre – RS	0,00	0,08	0,08	0,08	0,4	22	20
Porto Velho – RO	0,00	0,00	0,00	0,04	0,3	35	20

Rio Branco – AC	-0,08	0,00	0,04	0,08	0,3	31	20
São Carlos – SP	-0,04	0,08	0,08	0,12	0,4	29	20

Fonte: Tucci et al(1995)

Com isso foi mostrado que, em termos de altura pluviométrica, a chuva máxima de 24 horas pode ser estimada da chuva máxima de 1 dia, de período de retorno correspondente, segundo relação.

$$\frac{P_{TR^{24h}}}{P_{TR^{1dia}}} = 1,13 \text{ a } 1,15$$

Válida para período de retorno de 5 a 100 anos.

CETESB (1986), as alturas das chuvas máximas de diferentes durações podem ser relacionadas entre si, conforme fornecido na Tabela 3. Os valores apresentados são válidos para períodos de retorno entre 2 a 100 anos.

Através do valor de chuva de 24 horas, para um dado T, será possível determinar as chuvas de mais curta duração através de relações médias entre precipitações de diferentes durações, definidos por estudo de chuvas intensas, efetuado pelo DNOS.

**Tabela 3 – Relações entre chuvas máximas de diferentes durações**

Relação entre durações	Relação entre alturas pluviométricas	Relação de chuva de diferentes durações	Valor médio obtido pelo DNOS
5 min / 30 min	0,34	1h / 24h	0,42
10 min / 30 min	0,54	6h / 24h	0,72
15 min / 30 min	0,70	8h / 24h	0,78
20 min / 30 min	0,81	10h / 24h	0,82
25 min / 30 min	0,91	12h / 24h	0,85
30 min / 1h	0,74		

Fonte: DNIT (2006)

As alturas de pluviométricas da série considerada, parcial e anual, devem ser relacionadas em ordem decrescente, associando a respectiva probabilidade de ocorrência  $p$  ou período de retorno  $T$ , avaliada pelas seguintes expressões.

$$p = \frac{m}{n + 1}$$

$$T = \frac{1}{p} \text{ ou } T = \frac{n + 1}{m}$$

Onde:

$p$  = a probabilidade acumulada de um evento ser igualado ou superado em magnitude.

$m$  = o número de ordem.

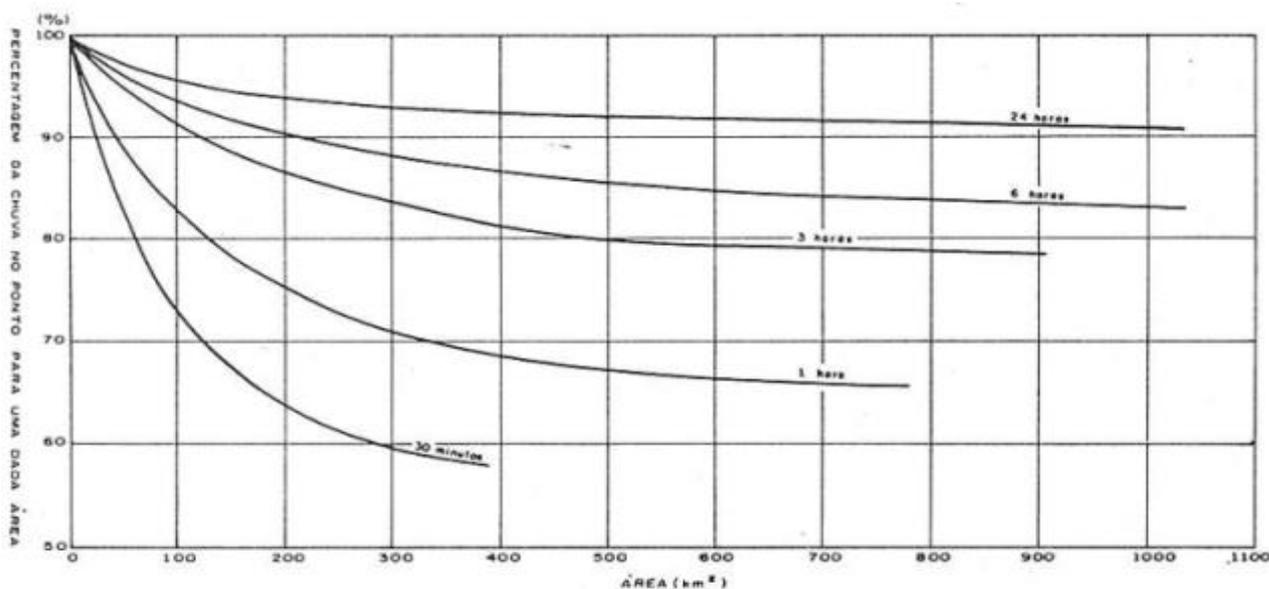
$n$  = o número de anos de registro considerado (para a série anual coincide com o número de eventos da amostra).

$T$  = o período de retorno ou intervalo de recorrência em anos.

**Séries parciais** – As curvas só devem ser consideradas para o período de retorno até 10 anos.

**Séries anuais** – Completa-se a análise, definindo a curva de frequência graficamente. Como mostra a Figura 13.

**Figura 8– Curvas de relação entre chuva no ponto e chuva na área para uso com os valores de Duração – Frequência (U.S Weather Bureau)**



Fonte: CETESB (1986).

### 2.3.5 RUAS

As ruas servem a um importante e necessário fim de drenagem, embora sua função primordial seja a de permitir o tráfego de veículos e de pedestre. Tais finalidades são compatíveis entre si, até o certo ponto, além do qual as condições de drenagem devem ser fixadas pelas conveniências desse tráfego.

Segundo o manual de drenagem da CETESB (1986), os critérios de projeto para coleta e condução das águas pluviais, em ruas públicas, são baseados em condições pré-determinadas de interferências com tráfego. Isto significa que dependendo da classe da rua, certa faixa de tráfego pode ser inundada uma vez durante um intervalo de tempo correspondente ao período de retorno da chuva inicial de projeto, geralmente adotado entre 2 e 10 anos. No entanto, durante esse período, poderão ocorrer chuvas menos intensas provocando descargas que inundarão a mesma faixa de tráfego em menor extensão.

Um bom projeto de drenagem proporciona benefícios diretos ao tráfego e menores custos de manutenção das ruas. Deve ter, como um dos objetivos primordiais, a proteção contra a deterioração do pavimento e de sua base.

A remoção eficiente das águas pluviais da superfície do pavimento tem um efeito positivo na manutenção da rua. As pesquisas indicam que a deterioração do pavimento é acelerada com a presença de escoamento superficial.

Para reduzir problemas de deterioração de uma superfície betuminosa é necessário a manutenção e o recapeamento periódico.

A ruptura do pavimento adjacente à sarjeta é um problema bastante comum. As causas são várias, de maneira geral, estão ligadas a passagem de descargas de água pluviais elevadas.

Os problemas são basicamente causados pela intrusão de água na base do pavimento, a má ligação entre o pavimento e a sarjeta, aliada a retração do pavimento, resulta numa fenda cuja espessura pode atingir até 13 mm. Somente nos momentos de cargas elevadas, devido o maior volume de água, o escoamento passara pela fenda atingindo a base do pavimento.

Causando um umedecimento, quase contínuo da base adjacente a face da sarjeta, causando o colapso da mesma e a deterioração do pavimento.

#### *2.3.5.1 Classificação das Ruas*

CETESB (1986), Rua é utilizada no sentido genérico de via pública, podendo significar uma simples rua secundária ou via expressa.

O sistema de drenagem, a ser projetado para as ruas, depende de sua classe de uso e do seu tipo de construção.

Para CETESB, a classificação das ruas, que segue, é baseada no volume de tráfego, nos usos para estacionamentos, nas características de projeto e construção, e nas relações com ruas transversais. É apresentada da forma que o sistema de drenagem possa ser relacionado com classe e com o tipo de rua.

- **Rua Secundaria:** é aquela destinada ao tráfego local de uma área, e é geralmente caracterizada por 2 faixas, com estacionamento permitido ao longo do meio-fio. O controle de tráfego é feito apenas mediante o uso de placas de sinalização.
- **Rua Principal:** é coletar e distribuir o tráfego, proveniente de vias de maior movimento para as secundárias. Pode ter de duas a quatro faixas de trânsito, e o estacionamento, junto ao meio-fio, poderá ser permitido ou não. O trânsito das ruas principais tem preferência sobre o das ruas secundárias.
- **Avenida:** devem permitir um movimento de trânsito rápido e relativamente desimpedido, através de uma cidade. Podem ter de quatro a seis faixas e o estacionamento junto ao meio-fio, em geral, não é permitido. O trânsito pelas avenidas tem preferência sobre das ruas secundárias. As avenidas apresentam, frequentemente, uma faixa central para separação dos dois sentidos de trânsito, e sinais em cruzamentos.

- **Vias Expressas:** devem permitir um movimento de tráfego rápido e desimpedido, através ou em torno de uma cidade. O acesso à via parcial ou totalmente controlado. Poderá ter até oito faixas de tráfego, e o estacionamento não é permitido.

#### *2.3.5.2 Projeto de Ruas*

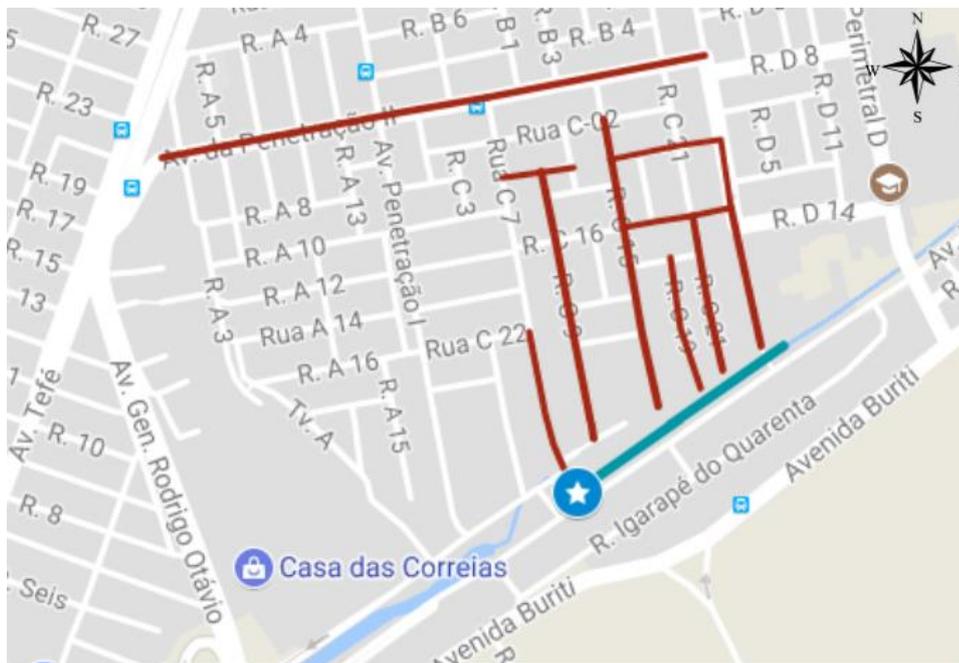
A eficiência de uma rua, tanto considerado sua finalidade principal de tráfego de veículos, como sua finalidade secundária de escoar as águas pluviais, depende essencialmente de um projeto bem elaborado, que leve em considerações ambas as funções. O procedimento recomendado a seguir, por serem orientados para a drenagem, não devem interferir com função principal da rua (DAEE/CETESB, 1980).

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa caracterizou-se como de abordagem quali-quantitativa, de natureza aplicada e com objetivos exploratórios e descritivos. Os procedimentos utilizados foram de pesquisa de campo e estudo de caso aplicado a uma área do bairro Japiim II.

A área de estudo localiza-se no bairro Japiim II, mais precisamente na área do Igarapé do Quarenta. Para efeito de levantamento foram consideradas duas ruas principais (Av. Penetração II e Av. Penetração III) e oito ruas secundárias (ruas C6, C7, C8, C9, C15, C16, C17 e C21). Escolheu-se essas ruas, pois têm influência direta no igarapé do Quarenta, para onde as águas pluviais são direcionadas, como mostra a Figura 14 com detalhe em azul para o igarapé do Quarenta e detalhes em vermelho para as ruas estudadas.

**Figura 9– Área de estudo – Igarapé do Quarenta**



Fonte: Adaptado de Google Maps (2017)

Para o levantamento de campo foram utilizados: mapa de localização, máquina fotográfica, prancheta para anotações, bem como lápis e papel.

O procedimento utilizado foi identificar por meio da observação direta os elementos de drenagem existentes e seu estado de conservação. Com isto, foi possível realizar a análise do sistema de drenagem urbana da área de estudo, que é representativa das áreas adjacentes.

#### 4 RESULTADOS

Com os levantamentos de campo realizados, os dados obtidos a partir da observação direta foram tabulados e organizados de forma que a situação do sistema de drenagem urbana na área de estudo sejam analisadas. A Tabela 4 apresenta um resumo das principais informações coletadas nos levantamentos de campo.

**Tabela 4 – Resumo das informações coletadas nos levantamentos de campo**

Rua	Qtde de bocas de lobo			Características		Ø da Tubulação
	Simplex	Dupla	Total	Em bom estado	Com grelha	
Penetração II	14	04	18	11	02	500/ 400
Penetração III	09		09	04	01	800/1000
Rua C6	06		06	05		500
Rua C7	06		06	04		500/800/1000
Rua C8	05		05	03		800
Rua C9	11	02	13	08	03	800
Rua C15	10		10	06		500/800
Rua C16	10		10	07	02	500/800
Rua C19	05		05	04	01	800
Rua C21	10		10	07	03	500/800
TOTAL	86	06	92	59	12	

Com base nos dados apresentados na Tabela 4, tem-se que nas ruas onde foi realizado o levantamento de campo, foram identificadas 92 bocas de lobo, sendo 86 bocas de lobo simples (93%) e seis bocas de lobo duplas (7%).

#### **4. CONCLUSÃO**

O saneamento básico no Brasil, principalmente no que diz respeito às águas residuárias e pluviais, tem muito o que avançar nos serviços prestados à população. Para analisar os serviços de saneamento de drenagem urbana na cidade de Manaus, definiu-se uma área de estudo próximo ao igarapé do Quarenta, por ser uma região que sofre com alagamentos em períodos de intensa precipitação.

Com isto, a partir de levantamentos de campo foi possível analisar a situação da drenagem urbana na área de estudo. Observou-se que há predominância de bocas de lobo simples (93%) e que a maioria se encontra em bom estado de conservação (69%). Apesar deste panorama, muitas bocas de lobo se encontram com tampas quebradas, acúmulo de resíduos sólidos em sua entrada e deterioração das grelhas existentes, sendo que apenas 14% das bocas de lobo da área de estudo possuem grelha.

Além disso, somente duas ruas possuem galerias com 1000mm de diâmetro e, possivelmente, o sistema de drenagem está subdimensionado, motivo pelo qual há enchentes em períodos de chuva intensa.

Outro motivo para as enchentes é o alto índice de impermeabilização da área de estudo, sem estruturas de retenção de águas pluviais o que causa a sobrecarga do sistema, bem como aumenta a velocidade com que as águas chegam ao igarapé do Quarenta, diminuindo o tempo de concentração na bacia.

Sugere-se para trabalhos futuros que seja analisada uma área maior e que sejam propostas soluções de engenharia tais como: aproveitamento de águas pluviais nas residências da área de estudo, criação de tanques de retardo de águas pluviais e criação de áreas de infiltração da água.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº. 9.433**, em 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº. 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 9 de janeiro de 1997.

CETESB. **Drenagem Urbana**: manual de projeto. – 3. ed. – São Paulo: CETESB/ 3. Ed./ASCETESB, 1986. 464 P.: il, ; 22 cm

COLLISCHONN, W. TUCCI, C. E.M. 1998. **Drenagem urbana e Controle de Erosão**. VI Simpósio nacional de controle da erosão. 29/3 a 1/4 1998, Presidente Prudente, São Paulo

CONCREMAT. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Manaus**. Município de Manaus, Secretaria Municipal de Infraestrutura, – 2011. Manaus: Concremat Engenharia, 2011 V.09, T.01/02 Conteúdo: 27 V. Acesso em 15 ago. 2016.

DIOGO, Francisco J. D.; SCIAMMARELLA, J. C. **Manual de pavimentação urbana**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2008.

DNIT. **Drenagem – Dispositivos de drenagem pluvial urbana – Especificação de serviço**. 2004. Disponível em: <[http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit030\\_2004\\_es.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit030_2004_es.pdf)> Acesso em: 05 abr. 2017

Drenagem Urbana/ organizado por Carlos E.M. Tucci, Rubem La Laina Porto, Mario T. de Barros. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS,1995.

G1 AMAZONAS. **Cheia deste ano poderá ser 2ª maior da história de Manaus, diz CPRM**. G1 Amazonas, 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2015/06/cheia-deste-ano-podera-ser-2-maior-da-historia-de-manaus-diz-cprm.html>>. Acesso em 05 maio 2016.

GPACC - Grupo de Pesquisa Aplicada em Construção Civil. **Sistemas de drenagem**. Disponível em: <<http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/~gpacc/BIM/tarefas/tarefa056/Sistemas%20de%20drenagem.html>>. Acesso em 25 de março de 2017

JABOR, A. Marcos. **Curso de Drenagem de Rodovias**. Sebrae Manaus-AM, 2012.

MASCARÓ, Juan Luís. **Desenho urbano e custos de urbanização**. 2 ed. Porto Alegre: DC Luzzatto, 1987.

MASCARÓ, Juan Luís. **Manual de loteamento e urbanização**. 2 ed. Porto Alegre: Sagra: Luzzatto, 1994.

PFAFSTETTER. O. 1982. Chuvas intensas no Brasil, 2. Ed. Rio de Janeiro DNOS 426p.

PHILIPPI Jr. A, **Saneamento, saúde e ambiente**: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, SP: Manoele, 2005- (coleção Ambiental; 2).

PMPA – Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **Lei Complementar N° 434**. Dispõe sobre o desenvolvimento urbano no Município de Porto Alegre, institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre e dá outras providências. Porto Alegre, 1999.

PMPA – Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **Plano Diretor de Drenagem Urbana**. Manual de Drenagem Urbana. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

SÃO PAULO. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana**. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. São Paulo: SMDU, 2012.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, n.1, Jan/Mar 2002, 5-27

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Gestão da Drenagem Urbana/ Carlos E. M. Tucci. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA; 48). 50p. Acesso em 05 de maio de 2016.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 2, n.2, Jul/Dez 1997, p5-12

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Proposta do Plano Nacional de Aguas Pluviais**. Brasília: Ministério das Cidades, 2005. 120p.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mario T. de. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, 1995.